



Balun 90° large bande à base de circuit actif à temps de propagation de groupe négatif

Blaise Elysée Guy Ravelo, Marc Le Roy, André Pérennec

► To cite this version:

Blaise Elysée Guy Ravelo, Marc Le Roy, André Pérennec. Balun 90° large bande à base de circuit actif à temps de propagation de groupe négatif. 16èmes Journées Nationales Microondes, 27-28-29 Mai 2009 - Grenoble, May 2009, Grenoble, France. pp.1-4. hal-00468162

HAL Id: hal-00468162

<https://hal.univ-brest.fr/hal-00468162>

Submitted on 30 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

et un circuit à TPG négatif dans chacune des branches. L'architecture de base de ce Balun est décrite à la Figure 3.

Les performances de ce nouveau Balun ont été évaluées par simulation sous le logiciel ADS® d'Agilent. Les perspectives et les applications envisagées sont données en conclusion.

2. Conception du Balun actif 90°

La Figure 4 montre le schéma détaillé du Balun qui utilise un diviseur de puissance résistif et des lignes cascadiées par des dispositifs NGD à quatre cellules résonantes. Grâce à sa possibilité de fonctionner en haute fréquence et ces faibles facteurs de bruit, nous avons utilisé le transistor en puce PHEMT/EC-2612 fabriqué par Mimix Broadband® qui a pour caractéristiques $g_m = 98,14$ mS et $R_{ds} = 116,8$ Ω . Le choix du diviseur et du nombre de cellules ainsi que la longueur des lignes TL_1 et TL_2 s'explique par notre objectif en large bande. Dans cette configuration, les résistances parallèles R_{m1} et R_{m2} servent à assurer l'adaptation entre le diviseur et les dispositifs NGD. Il est important de noter que les valeurs des composants utilisés dans ce schéma ont été optimisées pour réaliser un balun 90° capable de fonctionner entre 3,5 GHz et 6 GHz tout en respectant une adaptation meilleure que -10 dB.

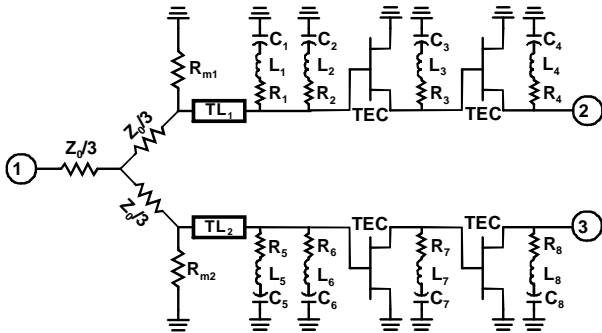


Figure 4. Schéma du Balun à phase constante ($Z_0 = 50$ Ω , $R_1 = 83$ Ω , $R_2 = 120$ Ω , $R_3 = 22$ Ω , $R_4 = 42$ Ω , $R_5 = 40$ Ω , $R_6 = 43$ Ω , $R_7 = 11,5$ Ω , $R_8 = 36$ Ω , $R_{m1} = 120$ Ω , $R_{m2} = 150$ Ω , $L_1 = 994$ pF, $L_2 = 315$ pF, $L_3 = 271$ pF, $L_4 = 531$ pF, $L_5 = 3,28$ nH, $L_6 = 6,55$ nH, $L_7 = 1,35$ nH, $L_8 = 3,06$ nH, $C_1 = 2,78$ pF, $C_2 = 2,61$ pF, $C_3 = 2,43$ pF, $C_4 = 2,36$ pF, $C_5 = 0,57$ pF, $C_6 = 0,1$ pF, $C_7 = 0,69$ pF, $C_8 = 0,63$ pF, TL_1 ($d_1 = 4,49$ mm, $Z_{c1} = 50$ Ω) et TL_2 ($d_2 = 24,89$ mm, $Z_{c2} = 50$ Ω) pour un substrat RF35 ($\epsilon_r = 3,5$, $h = 508$ μ m), et TEC/EC-2612.

3. Simulations

Les résultats de simulation obtenus sous le logiciel ADS sont reportés à la Figure 5. Pour la branche 1-2 (formée du PGD TL_1 et NGD_1), la phase est constante à $-90^\circ \pm 10^\circ$

et pour la branche 1-3 (formée du PGD TL_2 et NGD_2) à $-270^\circ \pm 10^\circ$ entre 3 GHz et 6 GHz (bande relative de 66 %). Les paramètres de transmission $|S_{21}|_{dB}$ et $|S_{31}|_{dB}$ sont au dessus de -2,4 dB, et ceux de réflexions aux accès $|S_{11}|_{dB}$ et $|S_{22}|_{dB}$ sont inférieurs à -11 dB dans cette même bande de fréquence. A la sortie, le paramètre $|S_{33}|_{dB}$ est également en dessous de -9 dB. La platitude différentielle du gain, donnée par $||S_{31}|_{dB} - |S_{21}|_{dB}|$, est inférieure à 1,1 dB de 3,5 GHz à 6 GHz.

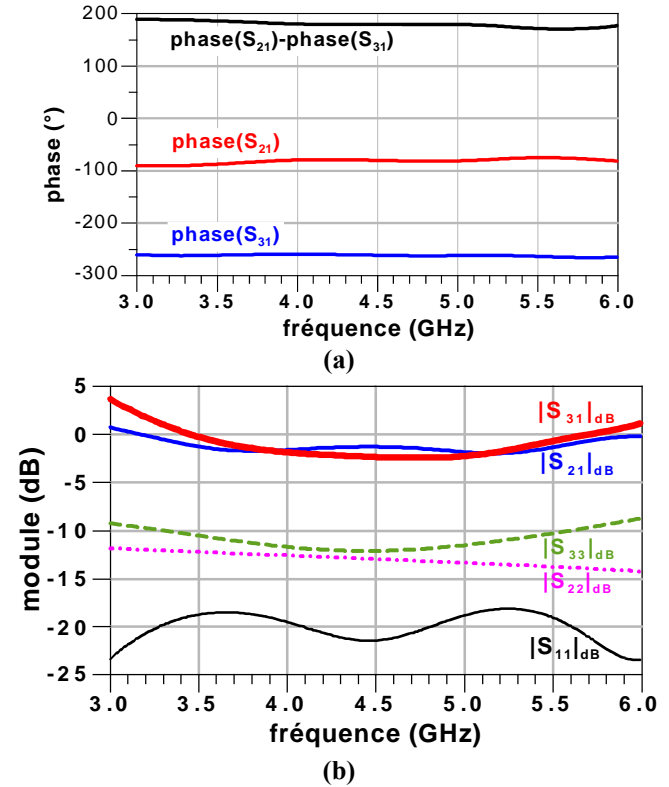


Figure 5. Paramètres S : phases (a) et modules (b) du Balun.

Les principales performances de ce déphaseur et notamment la variation des coefficients de transmission S_{21} et S_{31} et de leurs phases, sont résumées dans le Tableau 1 ci-dessous.

	Modules (dB)		Phases (°)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
S_{21}	-1,94	-1,24	-87,47	-79,01
S_{31}	-2,40	-0,24	-263,40	-260,01

Tableau 1. Performances du Balun, bande de fréquence 3,5-6,0 GHz.

Grâce à la non-réciprocité du TEC/EC2612, ce déphaseur présente un excellent niveau d'isolation meilleur que -20 dB entre les trois voies. Par ailleurs, l'étude de la stabilité de ce circuit a été effectuée via le calcul du coefficient de Rollet et des facteurs

de stabilité μ_{21} et μ_{31} , respectivement pour les branches 1-2 et 1-3 du Balun de la Figure 6. Les formules de ces coefficients sont données par les relations suivantes :

$$\mu_{21} = \frac{1 - |S_{11}|^2}{|S_{22} - S_{11}^* \Delta_{21}| + |S_{12} S_{21}|}, \quad (1)$$

$$\mu_{31} = \frac{1 - |S_{11}|^2}{|S_{33} - S_{11}^* \Delta_{31}| + |S_{13} S_{31}|}, \quad (2)$$

avec

$$\Delta_{21} = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21}, \quad (3)$$

et

$$\Delta_{31} = S_{11} S_{33} - S_{13} S_{31}. \quad (4)$$

Comme indiqué par les tracés de la Figure 6, ce circuit est inconditionnellement stable entre 3 GHz et 6 GHz car les coefficients μ_{21} et μ_{31} sont largement supérieurs à 1. Mais le facteur de stabilité μ_{21} tangente la valeur critique entre 7 GHz et 8 GHz.

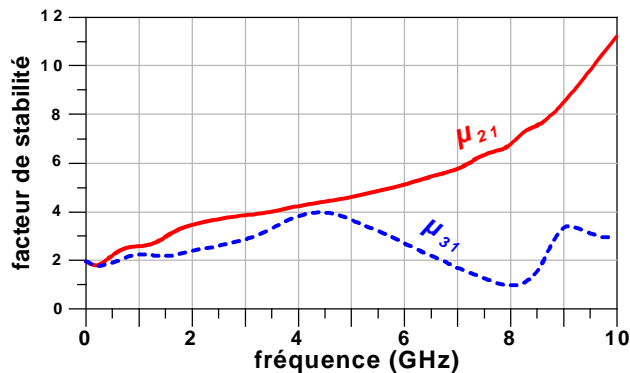


Figure 6. Facteurs de stabilité μ_{21} et μ_{31} des branches 1-2 et 1-3 du Balun simulé.

4. Conclusion

Une nouvelle architecture de Balun (dispositif à trois branches dont les deux sorties sont équilibrées) actif à TPG négatif a été proposée. Elle est basée sur l'association de deux déphaseurs à phase constante, générant chacun sur les deux voies de sortie des phases de $-90^\circ(\pm 10^\circ)$ et $-270^\circ(\pm 10^\circ)$ de 3,5 à 6 GHz. En plus des avantages en termes de compensation des pertes et en valeurs de retard ou TPG qui sont relativement faible dans cette bande de fréquence, nous avons obtenu aussi une bonne adaptation. Il est important de remarquer qu'entre les trois ports de ce Balun, les niveaux d'isolation sont très bons, largement en dessous de -20 dB. En comparaison, d'après les résultats de simulation effectué sous ADS, les performances de ce circuit sont

supérieures à celles obtenues à partir de lignes à effet main gauche [17-18] en terme de largeur de bande absolue et également en terme de platitude.

En perspective de ce travail, nous envisageons d'effectuer une validation de ce type de Balun avec un prototype en technologie hybride. Pour l'intégration dans les architectures RF front-end, il est intéressant de passer en topologie à base d'éléments distribués.

5. Bibliographie

- [1] A. Sommerfeld, « *Ein Einwand gegen die Relativtheorie der Elektrodynamik und seine Beseitigung* », Physik. Z. 8, 1907, pp. 841-842.
- [2] L. Brillouin, « *Über die Fortpflanzung des Lichtes in Dispergierenden Medien* », Ann. Physik. 44, 1914, pp. 203-240.
- [3] A. Sommerfeld, « *Lectures on theoretical physics* », Optics. Academic Press Inc. US, 1954.
- [4] L. Brillouin, and A. Sommerfeld, « *Wave propagation and group velocity* », Academic Press, New York, 1960, pp. 113-137.
- [5] S. Chu. and S. Wong, « *Linear pulse propagation in an absorbing medium* », Phys. Rev. Lett. 48, 1982, pp. 738-741.
- [6] R. Y. Chiao, E. L. Bolda, J. Bowie, J. Boyce and M. W. Mitchell, « *Superluminality and amplifiers* », Prog. Crystal Growth Charact. Mat. 33, 1996, pp. 319-325.
- [7] M. W. Mitchell, and R.Y. Chiao, « *Negative group delay and 'fronts' in a causal systems: an experiment with very low frequency bandpass amplifiers* », Phys. Lett. A, Vol. 230, Jun. 1997, pp. 133-138.
- [8] M. W. Mitchell, and R.Y. Chiao, « *Causality and negative group delays in a simple bandpass amplifier* », Am. J. Phys., Vol. 66, 1998, pp. 14-19.
- [9] M. Kitano, T. Nakanishi, and K. Sugiyama, « *Negative group delay and superluminal propagation: an electronic circuit approach* », IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 9, No. 1, Feb. 2003, pp. 43-51.
- [10] T. Nakanishi, K. Sugiyama, and M. Kitano, « *Demonstration of negative group delays in a simple electronic circuit* », Am. J. Phys., Vol. 70, Issue 11, 2002, pp. 1117-1121.
- [11] J. N. Munday, and R. H. Henderson, « *Superluminal time advance of a complex audio signal* », Appl. Phys. Lett., Vol. 85, Jul. 2004, pp. 503-504.
- [12] O. F. Siddiqui, S. J. Erickson, G. V. Eleftheriades, and M. Mojahedi, « *Time-domain measurement of negative-index transmission-line metamaterials* », IEEE Trans. MTT, Vol. 52, n° 5, May 2004, pp. 1449-1453.
- [13] B. Ravelo, A. Pérennec, M. Le Roy, and Y. Boucher, « *Active microwave circuit with negative group delay* », IEEE Microwave and Wireless

Components Letters, Vol. 17, Issue 12, Dec. 2007, pp. 861-863.

- [14] B. Ravelo, A. Pérennec, and M. Le Roy, « *Synthesis of broadband negative group delay active circuits* », IEEE MTT-S Symp. Dig., Honolulu (Hawaii), 2-9 June 2007, pp. 2177-2180.
- [15] B. Ravelo, A. Pérennec, and M. Le Roy, « *Negative group delay active topologies respectively Dedicated to microwave frequencies and baseband signals* », Journal of EuMA, Vol. 4, Jun. 2008, pp. 124-130.
- [16] B. Ravelo, A. Pérennec, and M. Le Roy, « *Broadband Balun using active negative group delay circuit* », Proc. of the 37th European Microwave Conference, Munich, Germany, 7-12 Oct. 2007, pp. 467-469.
- [17] B. Ravelo, « *Dispositifs à temps de propagation de groupe négatif : théorie, validations expérimentales et applications* », Thèse de Doctorat, Lab-STICC (Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance), UMR CNRS 3192, UBO, Brest, France, Déc. 2008, chapitre 7.
- [18] M. A. Antoniadis, and G. V. Eleftheriades, « *A broadband Wilkinson Balun using microstrip metamaterial lines* », IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 4, 2005, pp. 209-212.
- [19] S. Lee, J. S. Lim, H. S. Yang, and S. Nam, « *A novel design of Balun using left handed transmission line* », Proceedings of ISAP2005, Seoul, Korea, 3-5 Aug. 2005, pp.504-506.